ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2019;(6):136-146

УДК 622,6.2 DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-136-146

НОВЫЙ ТИП ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ ROPECON®, РЕАЛЬНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ. АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ С ПОДВЕСКОЙ НА КАНАТАХ

В.И. Галкин

МГИ НИТУ «МИСиС», Москва, Россия,
e-mail: Vgalkin07@rambler.ru

Аннотация: Основная задача технологического транспорта полезного ископаемого — доставка сырья на склад или к месту отгрузки потребителю. На зарубежных предприятиях, связанных с добычей твердых полезных ископаемых, появился новый тип ленточных конвейеров – RopeCon®, представляющий собой комбинацию технологии ленточного конвейера с лентой имеющей гофрированные борта и конструкции подвесной канатной дороги. Его преимуществами являются: возможность транспортирования насыпных грузов по труднодоступной, пересеченной местности, с возможностью преодоления оврагов, рек, зданий и сооружений, железных и автомобильных дорог; перемещение ходовых роликов по направляющим канатам, в результате чего коэффициент сопротивления их движению равен 0,006, т.е. более чем в 5 раз меньше, чем при движении ленты по стационарным роликам, что оказывает положительное влияние на установочную мощность привода конвейера. Максимальная производительность такого конвейера 25 000 т/ч при скорости движения ленты 8,0 м/с. Угол подъема материала на гладкой ленте может достигать 30º, а при применении лент с перегородками он возрастает до 45º. Приведены конструктивные особенности и эксплуатационные характеристики данного типа ленточного конвейера, конструкция которого устанавливается на подвесных канатах опирающихся на опоры. Расстояние между опорами может достигать 1500 м. Рассмотрены возможные области применения, дан анализ его конструктивных и эксплуатационных особенностей.

Ключевые слова: лента, гофрированный борт, линейная секция, ходовые ролики, опоры, канаты, привод.

Для цитирования: *Галкин В. И.* Новый тип ленточных конвейеров RopeCon®, реальность и перспективы. Анализ конструктивных и эксплуатационных параметров специальных ленточных конвейеров с подвеской на канатах // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 6. – С. 136–146. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-136-146.

New RopeCon® belt conveyors, actuality and prospects. Design and operating parameters of special ropeway belt conveyors

V.I. Galkin

Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS»,
Moscow, Russia, e-mail: Vgalkin07@rambler.ru

© В.И. Галкин. 2019.

Abstract: Process equipment for mineral haulage takes an important part in the mining industry. The key task of such machines is to deliver feedstock to a warehouse or to a point of shipping to a consumer. In recent decades, foreign companies of solid mineral mining use a new type of belt conveyor named RopeCon® and developed by Doppelmayer Transport Technology GmbH, Austria. This conveyor system is a combination of a belt with corrugated sidewalls and a ropeway. The prime advantage of such type conveyors is feasibility to transport bulk materials over difficult and uneven terrain with crossing of ravines, rivers, and buildings, as well as rails and roads. The second benefit of RopeCon® system is running of travel rollers on guide ropes, which allows travel resistance coefficient of 0.006, i.e. 5 times less than with belt on fixed model rollers, which has beneficial effect on the installed power of the conveyor drive. The conveyor manufacturers state that the maximum capacity of this belt can be 25 000 t/h at the velocity of 8.0 m/s. The angle of gradient can reach 300 in case of a flat belt and even 450 with a belt with baffles. This article describes design features and operating characteristics of this type belt installed on suspension ropes on supports. The spacing of the supports can be up to 1500 m. Potential application fields of the conveyor system are discussed, as well as its design and operation are scrutinized.

Key words: belt, corrugated sidewall, linear section, travel rollers, supports, ropes, drive.

For citation: Galkin V. I. New RopeCon® belt conveyors, actuality and prospects. Design and operating parameters of special ropeway belt conveyors. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019;(6):136-146. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-136-146.

Введение

В последнее десятилетие на зарубежных предприятиях, связанных с добычей твердых полезных ископаемых, появился новый тип ленточных конвейеров под названием RopeCon®, разработанный австрийской фирмой Doppelmayer Transport Technology GmbH. Это инновационная конвейерная система, представляющая конвейерную ленту типа Flexowell® или Maxoflex® германской фирмы Conti Tech (рис. 1) и технологию подвесных канатных дорог, однако вступает с ними в некоторые противоречия, в которых мы попытаемся разобраться.

Основная часть

Ленточный конвейер типа RopeCon® [1] предназначается для транспортирования насыпных грузов с максимальным размером кусков, но не превышающих 600 мм.

В настоящее время разработаны проекты по применению данного типа конвейеров для транспортирования полезного ископаемого по борту карьера, а также при подземной добыче [2].

Первым и основным преимуществом данного типа ленточных конвейеров, является возможность транспортирования насыпных грузов по труднодоступной, пересеченной,например, гористой местности, с возможностью преодоления оврагов, рек, зданий и сооружений, железных и автомобильных дорог.

Изготовители конвейера утверждают, что его максимальная производительность может достигать 25 000 т/ч, при

Рис. 1. Линейная секция наклонного конвейера с лентой Flexowell®

Fig. 1. Linear section of the inclined conveyor with Flexowell® belt

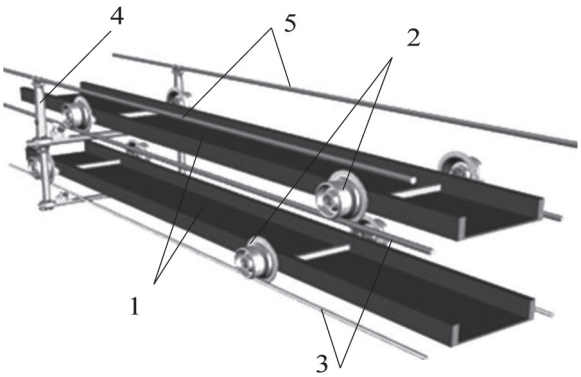

Рис. 2. Конструкция линейного става ленточного конвейера типа «RopeCon®»: 1 — лента с гофрированными бортами; 2 — ходовые ролики с осями; 3 — направляющие, армированные стальные канаты; 4 — опорные рамные конструкции; 5 — несущие армированные стальные канаты

Fig. 2. Linear design of the belt conveyor of the RopeCon® type: 1 — belt with corrugated sidewall, 2 — running rollers with axes; 3 — guides, reinforced steel ropes; 4 — steel frame structures; 5 — bearing reinforced steel ropes

скорости движения ленты 8,0 м/с [3, 16]. Угол подъема материала на гладкой ленте может достигать 30°, а при применении лент с перегородками (грузозацепами) он возрастает до 45°.

На рис. 2 представлена конструкция линейного става ленточного конвейера типа RopeCon®.

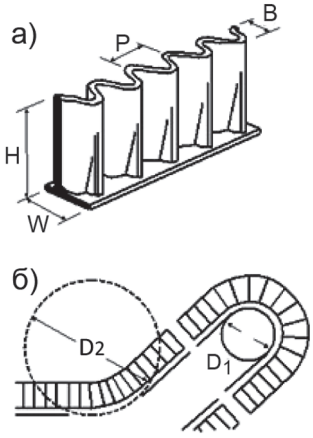

Рис. 3. Размеры гофробортов ленты Maxoflex®: обозначение геометрических размеров (а); D_2 — диаметры барабанов для прохождения лентой вертикальных криволинейных участков (D_1 — приводной барабан) (б)

Fig. 3. Dimensions of corrugated sidewall belt Maxoflex®: designation of geometric dimensions (a); D_2 — diameters of the drums for the passage of the tape vertical curvilinear sections (D_1 — drive drum) (b)

Принцип работы ленточного конвейера типа RopeCon®, заключается в следующем. В качестве тягового и грузонесущего органа конвейера используется лента с гофрированными бортами Maxoflex® или Flexowell® (рис. 2, *4*) германской фирмы ContiTech. Такие конвейерные ленты, состоят из двух элементов: поперечно-жесткой резинотканевой или резинотросовой базовой ленты [4] и гофрированных бортов из армированного вулканизированного каучука [5].

Данные ленты могут поставляться для различных категорий нагрузок: легкая (M), средняя (MW), тяжелая (MWS) и сверхтяжелая (MWSF).

В зависимости от категории MW/TW/TCW, продукция производится с армированием тканью, что обеспечивает большую стабильность. Гофрированные борта и перегородки Maxoflex® изготавливаются в соответствии с разработанным стандартом.

На рис. 3 представлены геометрические размеры гофробортов, а в табл. 1 приведены их геометрические размеры для конвейерных лент Maxoflex® и рекомендуемые диаметры приводных и отклоняющих барабанов из условия прохождения по ним гофрированного борта.

Таблица 1

Геометрические размеры лент «гофроборт» — Maxoflex®
Geometrical dimensions of corrugated sidewall — Maxoflex

Тип перегородки	Геометрические размеры перегородок				
	H, мм	***W***, мм	***P***, мм	D_1 мин., мм	D_2 мин., мм
M40	40	35	35	120	200
M60	60	50	50	150	240
M80S	80	50	40	200	320
M100	100	50	40	250	400
M100S	100	50	40	250	400
M120	120	50	50	300	480
M140	140	50	50	350	560
MW80S	80	50	40	200	320
MW100	100	50	50	250	400
MW100S	100	50	40	250	400
MW120	120	50	50	300	480
MW140	140	50	50	350	560
MWS120	120	75	60	300	480
MWS140	140	75	60	350	560
MWS160	160	75	60	400	640
MWS180	180	75	60	450	720
MWS200	200	75	60	500	800
MWS250	250	75	60	625	1000
MWS280	280	75	60	750	1200
MWS300	300	75	19	750	1200
MWSF300	300	110	80	800	1000
MWSF350	350	110	80	1000	1200
MWSF400	400	110	80	1150	1400
MWSF450	450	110	80	1300	1600

Оси ходовых роликов *2* (рис. 2) с помощью механических соединений прикреплены к ленте с определенным интервалом. Обычно механическое соединение осей ходовых роликов осуществляется со стороны верхней обкладки ленты, что одновременно является своеобразной перегородкой и препятствует скатыванию груза по ленте. Расстояние между ходовыми роликами зависит от погонного веса ленты и располагаемого на ней груза. Чем больше вес перечисленных элементов, тем меньше расстояние.

Ходовые ролики, изготовленные из капролона [6], с одной (рис. 2) или двумя ребордами (рис. 4), движутся на грузовой и порожней ветви по направляющим – двум параллельным стальным канатам *3*, натянутым с определенным усилием. Усилие натяжения канатов зависит от погонной нагрузки от ленты, веса груза и ходовых роликов, а также от заданной стрелы провеса канатов между промежуточными опорами.

Второе преимущество системы RopeCon® заключается в перемещении ходовых роликов *2* по направляющим кана-

там *3*, в результате чего коэффициент сопротивления их движению будет равен w' = 0,006 (по аналогии с канатными дорогами), в то время, как при движении ленты с гофрированными бортами по стандартным роликоопорам (рис. 1) этот коэффициент равен 0,035, т.е. более чем в 5 раз больше, что оказывает влияние на установочную мощность привода конвейера.

Параллельность и взаимное расположение направляющих армированных канатов *3* осуществляется с помощью опорных рамных конструкций *4*, закрепленных с определенным (расчетным) интервалом на несущих канатах *5*, рис. 2. Несущие армированные канаты фиксируются на опорах, устанавливаемых по трассе конвейера с переменным расстоянием, которое зависит от рельефа местности и угла подъема трассы — по аналогии с подвесными канатными дорогами. По утверждению изготовителя, расстояние между опорами может достигать 1500 м.

В настоящее время ленточные конвейеры типа RopeCon®, используются в различных отраслях промышленности во многих странах мира. В табл. 2 представлены проекты, разработанные фирмой Doppelmayr Transport Technology GmbH для различных условий эксплуатации таких конвейеров [7—15].

Из табл. 2 видно, что из 9 внедренных проектов 6 проектов имеют трассу с небольшим перепадом высот и мощность привода в одном случае (строка 6) составляет 221,0 кВт. В двух случаях

Таблица 2

Технические характеристики ленточных конвейеров RopeCon®, разработанные фирмой Doppelmayr Transport Technology GmbH для различных условий эксплуатации
Technical characteristics of belt conveyors RopeCon®, developed by Doppelmayr Transport Technology GmbH for various operating conditions

№ п/п	Место установки конвейера	Транспортируемый материал	Горизонтальная длина, м	Перепад высот, м	Производительность, т/ч	Установочная мощность, кВт	Количество промежуточных опор, шт
1	Австрия, проект Strengen	кварцит	270,0	23,0	600,0	30,0	нет
2	Австрия, проект Lenzing	древесные опилки	665,0	32,0	350,0	53,0	1,0
3	Швейцария, проект Tüfentobel	строительный мусор	1250,0	45,0	500,0	112,0	2,0
4	Автриия, проект Zöchling	гравий	245,0	48,0	350,0	75,0	нет
5	Ямайка, проект Mt. Olyphant	бокситная руда	3377,0	470,0	1200,0	-1320,0*	8,0
6	Папуа Новая Гвинея, проект Simberi	золотоносная руда	2665,0	237,0	600,0	221,0	3,0
7	Судан, проект Berber Cement	известняк	3456,0	14,0	700,0	180,0	4,0
8	Мексика, проект Torex	золотоносная руда	1308,0	383,0	1000,0	-1026,0*	1,0
9	Гватемала, проект Progrefa	известняк	1583,0	196,0	2100,0	1680,0	4,0

* Обозначение для нагорных конвейеров, транспортирующих груз «сверху вниз», привод которых работает в генераторном режиме — вырабатывает «зеленую энергию».

Рис. 4. Став конвейера с опорными рамами, несущими канатами и ходовыми роликами
Fig. 4. Detail view with track rope support frames and wheels rollers

(строка 5 и 8) конвейеры работают в генераторном режиме и только один, последний, проект имеет большую производительность и мощность привода.

На рис. 4 представлен линейный став ленточного конвейера типа RopeCon®, на котором видны все конструктивные особенности.

Из рис. 5 видно, что различные конструктивные исполнения промежуточных опор конвейера зависят от рельефа местности, наличия естественных и искусственных преград, а также от заданной высоты подвеса несущих канатов.

На концах бесконечной гофрированной ленты располагаются приводной, натяжной, и отклоняющие барабаны.

Отличительной особенностью транспортной системы RopeCon® является то, что вся конструкция конвейера, включая привод, натяжной и отклоняющие барабаны, а также устройства для переворота ленты, располагаемые на порожней ветви конвейера, устанавливаются на подвесных (несущих армированных канатах), что хорошо видно на рис. 6 и 7. В связи с этим, предъявляются особые требования к несущим канатам [17], и их натяжным устройствам [18], а также к обеспечению центрального движения конвейерной ленты [19, 20].

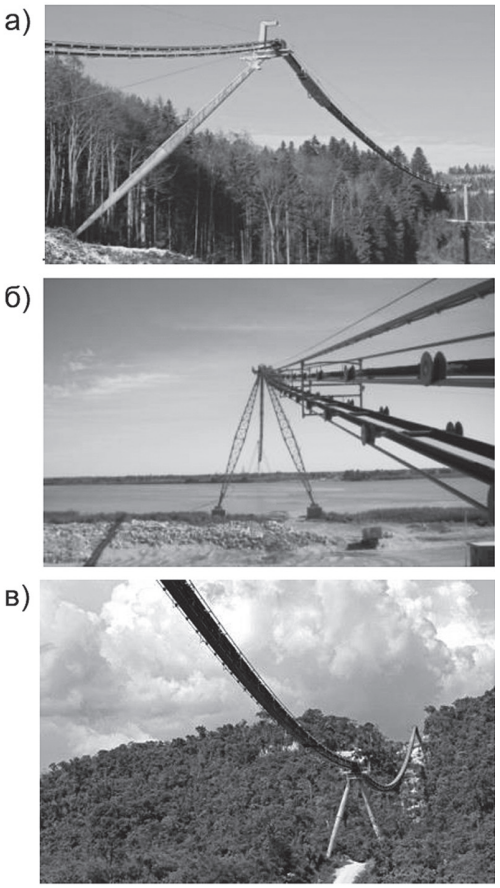

Рис. 5. Конструкции промежуточных опор системы RopeCon® в зависимости от условий эксплуатации: проект Tüfentobel в Щвейцарии, вблизи года Санкт-Галлен, специальная конструкция, установленная на насыпном грунте [9] (а); проект Berber Cement, Сенегал, промежуточные опоры на берегах р. Нил, шириной 850 м [13] (б); проект Mt. Olyphant Clarendon, остров Ямайка — опора из труб установленная в джунглях [11] (в)
Fig. 5. Designs of intermediate supports of the RopeCon® system depending on the operating conditions: project Tüfentobel in Switzerland, near the year of St. Gallen, a special design installed on bulk soil [9] (a); project Berber Cement, Senegal, intermediate supports on the banks of the r. Nile, 850 m wide [13] (b); project Mt. Olyphant Clarendon, the island of Jamaica — support from the pipes installed in the jungle [11] (v)

Приводной блок системы RopeCon® (рис. 8) состоит из стандартного набора элементов, однобарабанного привода ленточного конвейера, оснащенного

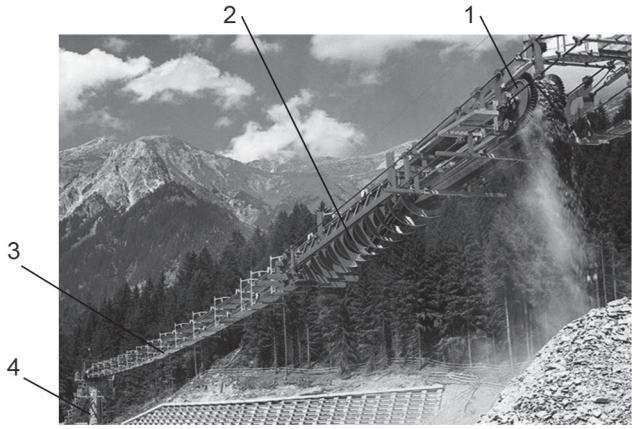

Рис. 6. Система Rope Con® в проекте Strengen по строительству автодорожного тоннеля в Тироле, Австрия: 1 — приводной блок мощностью 30 кВт; 2 — устройство для переворота ленты; 3 — линейный став конвейера; 4 — промежуточная опора [7]

Fig. 6. The Rope Con® system in the Strengen project for the construction of a road tunnel in Tyrol, Austria: 1 — 30 kW drive unit; 2 — device for belt turn-over; 3 — linear section of the conveyor; 4 — intermediate support [7]

лентой гофроборт, в связи с чем возникает ограничение по установочной мощности приводных блоков (двигатель, редуктор), а также по разрывной прочности применяемой ленты(в сравнении с двух- или трехбарабанным приводом ленточного конвейера).

Обязательным условием при эксплуатации данного типа ленточного конвейера является применение устройств переворота ленты на порожней ветви, которые монтируются после приводного барабана (рис. 5, 6) и перед концевым барабаном. Поскольку вся конструкция ленточного конвейера крепится к несущим канатам, то для контроля за состоянием узлов конвейера, а также для проведения ремонтных работ, изготовлены

Рис. 7. Система Rope Con® в проекте Mt. Olyphant на Ямайке. Предназначена для транспортирования бокситной руды: 1 — приводной блок; 2 — устройство для переворота ленты; 3 — линейный став конвейера; 4 — система натяжения несущих канатов [11]

Fig. 7. The Rope Con® system in the project Mt. Olyphant in Jamaica, for the transportation of bauxite ore: 1 — drive unit; 2 — a device for belt turn-over; 3 — linear section of the conveyor; 4 — system of tension of the carrying ropes [11]

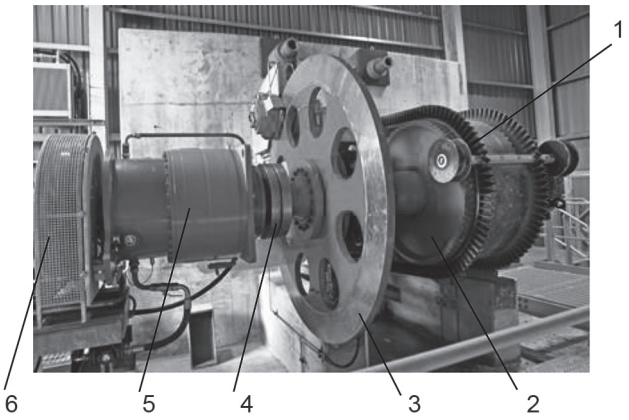

Рис. 8. Приводной блок конвейера Rope Con®: 1 — лента гофроборт с ходовым роликом; 2 — приводной барабан; 3 — дисковый тормоз; 4 — соединительная муфта 5 — пусковая муфта; 6 — электродвигатель [12]

Fig. 8. Drive unit of the RopeCon® conveyor: 1 — belt corrugated sidewall with a roller; 2 — drive drum; 3 — disc brake; 4 — coupling; 5 — start coupling; 6 — electric motor

и установлены специальные самоходные тележки, опирающиеся колесами на несущие канаты. По бокам тележек, с двух сторон конвейера находятся подвесные кабины, в которых располагаются по одному механику, обслуживающему конвейерную систему RopeCon®, рис. 9.

Основные материалы по экспериментальным и практическим исследованиям, посвященные данному типу ленточных конвейеров представлены в работах [21, 22].

Особый интерес представляет работа [23], в которой предложена расчетная модель с целью создания более реального анализа нагрузок, возникающих в грузонесущем органе и направляющих канатах конвейера RopeCon®, а также для реализации базового моделирования нагрузки, вызванной транспортируемым материалом, а также работа [24], моделирующая ленту при ее подходе к приводному барабану и процесс взаимодействия с ним.

Рис. 9. Система Rope Con® в проекте Mt. Olyphant на Ямайке. Применение самоходной тележки для контроля состояния става конвейера и проведения ремонтных работ [11]

Fig. 9. Rope Con® system, in the project Mt. Olyphant in Jamaica. The use of self-propelled carts to monitor the linear sectionof the conveyor belt and repair work [11]

Заключение

Приведенные в статье материалы позволяют сделать следующие выводы:

1. Ленточные конвейеры типа Rope Con® подвешиваемые на несущих канатах, благодаря своим конструктивным особенностям, позволяют транспортировать полезное ископаемое по пересеченной (труднопроходимой) местности, а также могут преодолевать водные преграды шириной до 1000 м.

2. Анализируя условия эксплуатации данного типа конвейеров можно отметить, что все они установлены либо в жарких странах, либо в странах центральной Европы, где в любое время года умеренный климат.

Ориентироваться на применение таких конвейеров в России — проблематично, поскольку снежные зимы и морозы приведут к многим трудностям при эксплуатации – обледенение, ветровая нагрузка, нагрузка от снега и т.д.

3. Достижение производительности 25 000 т/ч при скорости движения гофрированной ленты 8,0 м/с также вызывает сомнение, поскольку по рекомендации изготовителей таких лент их максимальная скорость не может превышать 4 м/с, а производительность до 6000 т/ч [11].

4. При скоростях ленты более 5 м/с оси ходовых роликов, прикрепленные к верхней обкладке ленты, при прохождении по двум участкам переворота на порожней ветви конвейера получают достаточно высокие ускорения, что может привести ких отрыву от ленты.

5. Анализ реализованных проектов показывает, что большинство из них имеют трассу с небольшим перепадом высот и мощностью привода в диапазоне от 30 до 221 кВт. В двух проектах приводы конвейеров работают в генераторном режиме (транспортирование груза сверху вниз), и только один конвейер имеет производительность 2100 т/ч при мощности привода 1680 кВт.

6. Один из самых больших недостатков — высокая стоимость таких конвейерных установок, в которую входят: стоимость гофрированной ленты, несущих и направляющих канатов, их натяжных устройств и опор; высокая стоимость ходовых роликов — один ролик стоит от 14,0 до 21 тыс. руб. [6], а также сложность монтажных и ремонтных работ на высоте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. https://www.doppelmayr-mts.com/ru/proekty/

2. http://www.minexasia.com/2015/wp-content/uploads/MXCA2015-BP-Holger-Krohmer-Doppelmayr_rus_eng. pp. 8—19. pdf.

3. *Конвейерные* ленты для решения различных задач в горно-добывающей промышленности Contitech Transport band system GmbHD-37154 Northeim, Germany. 2018, pp. 14—15. Pdf.

4. *Галкин В. И.*, *Шешко Е. Е.*, *Сазанкова Е. С.* Влияние типов и характеристик лент на эксплуатационные параметры специальных ленточных конвейеров // Горный журнал. — 2015. — № 8. — С. 88—91.

5. *ContiTech AG* — ContiTech AG China [Электронный ресурс] // Flexowell: URL: https://www.contitech.cn/pages/produkte/transportbaender/cbgindustry/flexowell_en.html (дата обращения 18.02.2019).

6. *Теханалог*. Производство запчастей для алмазной техники. [сайт]. URL: http://tehanalog.ru/oborudovanie/

7. *Doppelmayr* Transport Technology GmbH [Электронный ресурс] // Проекты: RopeCon® Штренген (дата обращения 18.02.2019). URL: https://www.doppelmayr-mts.com/ru/proekty/proekty/ropeconr-shtrengen/

8. *Doppelmayr* Transport Technology GmbH [Электронный ресурс] // Проекты: RopeCon® Ленцинг (дата обращения 18.02.2019). URL: https://www.doppelmayr-mts.com/ru/proekty/proekty/ropeconr-lencing/

9. *Doppelmayr* Transport Technology GmbH [Электронный ресурс] // Проекты: RopeCon® Tüfentobel (дата обращения 18.02.2019). URL: https://www.doppelmayr-mts.com/ru/proekty/proekty/ropeconr-tjufentobel/

10. *Doppelmayr* Transport Technology GmbH [Электронный ресурс] // Проекты: ropeconr-zoechling (дата обращения 18.02.2019). URL: https://www.doppelmayr-mts.com/projekte/projekte/ropeconr-zoechling/

11. *Doppelmayr* Transport Technology GmbH [Электронный ресурс] // Проекты: RopeCon® Mt. Olyphant (дата обращения 18.02.2019). URL: https://www.doppelmayr-mts.com/ru/proekty/proekty/ropeconr-mauntin-olifehnt/

12. *Doppelmayr* Transport Technology GmbH [Электронный ресурс] // Проекты: RopeCon® Simberi (дата обращения 18.02.2019). URL: https://www.doppelmayr-mts.com/ru/proekty/proekty/ropeconr-simberi/

13. *Doppelmayr* Transport Technology GmbH [Электронный ресурс] // Проекты: RopeCon® Berber Cement (дата обращения 18.02.2019). URL: https://www.doppelmayr-mts.com/ru/proekty/proekty/ropeconr-berber-cement/

14. *Doppelmayr* Transport Technology GmbH [Электронный ресурс] // Проекты: Torex RopeCon® Direct link between pit and valley at El-Limón-Guajes mine (дата обращения 18.02.2019). URL: https://www.doppelmayr-mts.com/en/projects/projects/torex-ropeconr/

15. *Doppelmayr* Transport Technology GmbH [Электронный ресурс] // Проекты: Progrefa RopeCon® (дата обращения 18.02.2019).URL: https://www.doppelmayr-mts.com/ru/proekty/proekty/progrefa-ropeconr/

16. *Contitech.net.au* [Электронный ресурс] //Company (дата обращения 18.02.2019). https://www.contitech.net.au/pages/produkte/transportbaender/cbgindustry/ropecon_en.html

17. *Земсков А. Н.*, *Оверин А. А.*, Бехер *А.* В. Вторая жизнь грузовых подвесных канатных дорог в горнодобывающей промышленности России и Средней Азии // Горный информационно-аналитический бюллетень. —2019. — № 3. — С. 175—183. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-175-183.

18. *Калентьев Е. А.*Изгибные напряжения в канатах при огибании блоков // Горное оборудование и электромеханика. — 2017. — № 1. — С. 29—33.

19. *Юрченко В. М.* К вопросу о центрировании конвейерных лент // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2019. — № 2. — С. 156—162. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-02-0-156-162.

20. *Подоприн Т. Ф.*Методика расчета продольной устойчивостидвижения ленты в режиме установившегося движения на бремсберговом конвейере со сложным по прочностным характеристикам контуром ленты // Горное оборудование и электромеханика. — 2016. — № 6. — С. 20—29.

21. *Musil M., Laskovsky V.* Analysis of the selected elements of industrial technological transport system RopeCon / Proceedings of the 20th International Scientific Conference Transport Means 2016. Juodkrantė: Kaunas University Technology Press, 2016, pp. 923—928.

22. *Neradilova H., Stolarik J.* RopeCon — progressive transportation system for continuous raw materials trasportation / 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017, 17, pp. 789—796.

23. *Fedorko G., Molnár V., Kopas M.* Calculation and Simulation Model of a System RopeCon // TEM Journal. Vol. 7, Issue 3, Pp. 480—487, DOI: 10.18421/TEM73-02, August 2018.

24. *Mikušová N., Mil'o S.* Modellingconveyor belt passage with a driving drum using finin element methods // Advances in Science and Technology Research Journal. Vol. 11, Issue 4, December 2017, pp. 239—246. DOI: 10.12913/22998624/80311. ГИАБ

REFERENCES

1. https://www.doppelmayr-mts.com/ru/proekty/

2. http://www.minexasia.com/2015/wp-content/uploads/MXCA2015-BP-Holger-Krohmer-Doppelmayr_rus_eng. pp. 8—19. pdf.

3. Conveyor belts for various tasks in the mining industry. *Contitech Transport band system GmbHD-37154* Northeim, Germany. 2018, pp. 14—15. Pdf.

4. Galkin V. I., Sheshko E. E., Sazankova E. S. Influence of types and characteristics of belts on exploitation parameters of special belt conveyors. *Gornyy zhurnal*. 2015, no 8, pp. 88—91. [In Russ].

5. ContiTech AG — ContiTech AG China. Flexowell, available at: https://www.contitech.cn/pages/produkte/transportbaender/cbgindustry/flexowell_en.html (accessed 18.02.2019).
6. Technical statement. Production of spare parts for diamond equipment, available at: http://tehanalog.ru/oborudovanie/
7. Doppelmayr Transport Technology GmbH. RopeCon® Strengen (accessed 18.02.2019), available at: https://www.doppelmayr-mts.com/ru/proekty/proekty/ropeconr-shtrengen/
8. Doppelmayr Transport Technology GmbH. RopeCon® Lencing (accessed 18.02.2019), available at: https://www.doppelmayr-mts.com/ru/proekty/proekty/ropeconr-lencing/
9. Doppelmayr Transport Technology GmbH. RopeCon® Tüfentobel (accessed 18.02.2019), available at: https://www.doppelmayr-mts.com/ru/proekty/proekty/ropeconr-tjufentobel/
10. Doppelmayr Transport Technology GmbH. ropeconr-zoechling (accessed 18.02.2019), available at: https://www.doppelmayr-mts.com/projekte/projekte/ropeconr-zoechling/
11. Doppelmayr Transport Technology GmbH. RopeCon® Mt. Olyphant (accessed 18.02.2019), available at: https://www.doppelmayr-mts.com/ru/proekty/proekty/ropeconr-mauntin-olifehnt/
12. Doppelmayr Transport Technology GmbH. RopeCon® Simberi (accessed 18.02.2019), available at: https://www.doppelmayr-mts.com/ru/proekty/proekty/ropeconr-simberi/
13. Doppelmayr Transport Technology GmbH. RopeCon® Berber Cement (accessed 18.02.2019), available at: https://www.doppelmayr-mts.com/ru/proekty/proekty/ropeconr-berber-cement/
14. Doppelmayr Transport Technology GmbH. Torex RopeCon® Direct link between pit and valley at El-Limón-Guajes mine (accessed 18.02.2019), available at: https://www.doppelmayr-mts.com/en/projects/projects/torex-ropeconr/
15. Doppelmayr Transport Technology GmbH. Progrefa RopeCon® (accessed 18.02.2019). URL: https://www.doppelmayr-mts.com/ru/proekty/proekty/progrefa-ropeconr/
16. Contitech.net.au.Company (accessed 18.02.2019). https://www.contitech.net.au/pages/produkte/transportbaender/cbgindustry/ropecon_en.html
17. Zemskov A. N., Overin A. A., Bekher A. V. Second life for aerial ropeways in mining in Russia and in Central Asia *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019, no 3, pp. 175—183. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-175-183. [In Russ].
18. Kalentev E. A. Bending stresses in the wire rope bend around blocks. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2017, no 1, pp. 29—33. [In Russ].
19. Yurchenko V. M. Center adjustment of conveyor belts. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019, no 2, pp. 156—162. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-02-0-156-162. [In Russ].
20. Podporin T. F. Methods of calculating the longitudinal stability of the belt in the mode of steady motion to brake incline conveyor with a complex on the strength characteristics of loop tape. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2016, no 6, pp. 20—29. [In Russ].
21. Musil M., Laskovsky V. Analysis of the selected elements of industrial technological transport system RopeCon. *Proceedings of the 20th International Scientific Conference Transport Means 2016*. Juodkrantė: Kaunas University Technology Press, 2016, pp. 923—928.
22. Neradilova H., Stolarik J. RopeCon — progressive transportation system for continuous raw materials trasportation. *17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM* 2017, 17, pp. 789—796.
23. Fedorko G., Molnár V., Kopas M. Calculation and Simulation Model of a System RopeCon. *TEM Journal*. Vol. 7, Issue 3, Pp. 480—487, DOI: 10.18421/TEM73-02, August 2018.
24. Mikušová N., Milľo S. Modellingconveyor belt passage with a driving drum using finin element methods. *Advances in Science and Technology Research Journal*. Vol. 11, Issue 4, December 2017, pp. 239—246. DOI: 10.12913/22998624/80311.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Галкин Владимир Иванович — д-р техн. наук, профессор,
МГИ НИТУ «МИСиС», e-mail: Vgalkin07@rambler.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

V.I. Galkin, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Mining Institute,
National University of Science and Technology «MISiS»,
119049, Moscow, Russia, e-mail: Vgalkin07@rambler.ru.